

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 197 28 850 A 1

21 Aktenzeichen: 197 28 850.2  
22 Anmeldetag: 5. 7. 97  
43 Offenlegungstag: 7. 1. 99

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
F 15 B 9/08  
F 15 B 11/02  
F 15 B 13/043  
F 15 B 15/14  
// F15B 1/00,21/12

DE 197 28 850 A 1

71 Anmelder:  
FESTO AG & Co, 73734 Esslingen, DE  
74 Vertreter:  
Patentanwälte Magenbauer, Reimold, Vetter &  
Abel, 73728 Esslingen

72 Erfinder:  
Stoll, Kurt, Dr. Dipl.-Ing., 73732 Esslingen, DE;  
Weilhard, Franz Josef, 71394 Kernlen, DE; Mechler,  
Wolfgang, 73730 Esslingen, DE

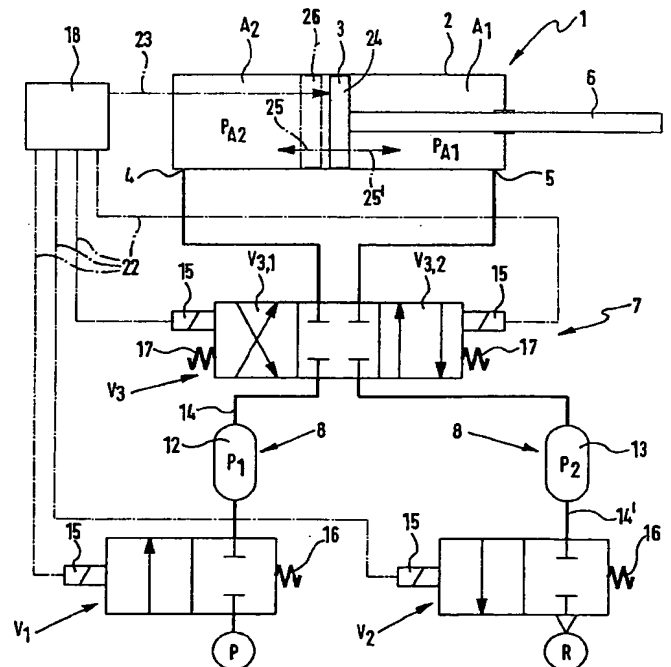
56 Entgegenhaltungen:  
DE 44 22 528 A1  
DE 35 30 787 A1  
EP 04 54 510 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtung zur Betätigung einer fluidisch betriebenen Stellvorrichtung

57 Es werden eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Betätigung einer fluidisch betriebenen Stellvorrichtung (1) vorgeschlagen, die ein Stellglied (3) aufweist, das wenigstens einen Arbeitsraum (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) begrenzt. Eine Fluidspeichereinrichtung (8) umfaßt ein Speichervolumen (12, 13) sowie Ventileinrichtungen (V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3,1</sub>, V<sub>3,2</sub>), die es ermöglichen, das Speichervolumen abwechselnd entweder mit einem Arbeitsraum (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) oder mit einer Druckquelle (P) oder einer Drucksenke (R) zu verbinden. Somit kann durch dosierte Zufuhr und Abfuhr eines Betätigungsfluids eine Druckdifferenz in den Arbeitsräumen (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) herbeigeführt werden, die zu Positionierzwecken eine Verlagerung des Stellglieds (3) bewirkt.



DE 197 28 850 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Betätigung einer fluidisch betriebenen Stellvorrichtung, die ein Stellglied aufweist, das eine bewegliche Wand wenigstens eines Arbeitsraumes bildet, wobei zur Herbeiführung einer Bewegung des Stellgliedes Betätigungsfluid in den Arbeitsraum eingespeist oder aus diesem abgeführt wird. Ferner betrifft die Erfindung eine Betätigungsvorrichtung für eine fluidisch betriebene Stellvorrichtung.

Mit einem zum Beispiel als Stellkolben ausgebildeten Stellglied versehene Stellvorrichtungen finden ein Hauptanwendungsgebiet auf dem Sektor der Pneumatik, wo sie meist als Antriebe zum Bewegen beliebiger Bauteile eingesetzt werden. Ein Ausführungsbeispiel für eine solche Stellvorrichtung geht aus der DE 44 22 528 A1 hervor, wobei es sich dort um einen kolbenstangenlosen Arbeitszylinder handelt, dessen Stellkolben zwei Arbeitsräume voneinander abteilt, die mit einem Betätigungsfluid beaufschlagbar oder entlüftbar sind, um den Stellkolben zu verlagern.

Eine besondere Problematik bei derartigen Stellvorrichtungen stellt die exakte Positionierung des Stellglieds dar. Noch am genauesten läßt sich hierbei mit sogenannten Proportionalventilen arbeiten, die es erlauben, die in die Arbeitsräume zuzuführenden und abzuführenden Fluidströme exakt und feinfühlig einzustellen. Nachteilig sind jedoch die hohen Kosten dieser Ventiltechnik. Im Vergleich kostengünstiger sind sogenannte Schaltventile, die digital zwischen Offenstellungen und Schließstellungen umschaltbar sind und weniger Fertigungsaufwand bedürfen. Mit ihnen lassen sich zwar gröbere Positionierarbeiten mit ausreichender Genauigkeit durchführen, bei Feinpositionierungen stößt man jedoch an gewisse Grenzen, vor allem wenn der Stellkolben nur um minimale Wegstrecken verlagert werden soll. Hier ist vor allem das träge Schaltverhalten der Ventile von Nachteil, das dazu führt, daß während der Öffnungszeit zu viel Druckmedium zuströmt, so daß der sich aufbauende Druck das Stellglied nach Überwindung der Reibungskraft über die gewünschte Soll-Position hinausbewegt. Eine vergleichbare Problematik liegt auch dann vor, wenn man als Betätigungsprinzip für die Ventile die sogenannte Pulsweitenmodulation einsetzt, wie sie in der DE 44 22 528 A1 auch schon erwähnt ist.

Es ist somit die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, das bzw. die auf einfache Weise eine präzise Feinpositionierung des Stellglieds ermöglicht.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist bei dem eingangs genannten Verfahren vorgesehen, daß man das im Vergleich zum Maximalvolumen des Arbeitsraumes geringere Speichervolumen einer Fluidspeichereinrichtung abwechselnd entweder mit dem Arbeitsraum oder mit einer Druckquelle oder Drucksenke verbindet.

Ferner wird die Aufgabe mit einer Betätigungsvorrichtung gelöst, bei der eine Fluidspeichereinrichtung vorhanden ist, die ein im Vergleich zum Maximalvolumen des Arbeitsraumes geringeres Speichervolumen aufweist und bei der zwischen das Speichervolumen und den Arbeitsraum einerseits sowie zwischen das Speichervolumen und eine Druckquelle oder eine Drucksenke andererseits eine wahlweise Freigabe oder Absperrung der betreffenden Verbindung ermöglichende Ventileinrichtung zwischengeschaltet ist, wobei das Speichervolumen abwechselnd entweder mit dem Arbeitsraum oder mit der Druckquelle oder der Drucksenke verbindbar ist.

Auf diese Weise ist die Möglichkeit gegeben, das Stellglied einer fluidisch betriebenen Stellvorrichtung ungeachtet der in der Regel vorhandenen Reibungskräfte auch über

kurze Wegstrecken sehr exakt zu positionieren. Das Wirkprinzip basiert darauf, dem betreffenden Arbeitsraum je nach gewünschter Bewegungsrichtung des Stellglieds eine gewisse Fluidmenge dosiert zuzuführen oder zu entnehmen, wobei die Luftmenge durch das Speichervolumen vorgegeben ist. Dieses Speichervolumen ist kleiner als das Maximalvolumen des zugeordneten Arbeitsraumes und dabei zweckmäßigerweise verhältnismäßig gering, wobei die Positioniergenauigkeit in der Regel zunimmt, je geringer das Speichervolumen ausgeführt ist. Durch die abwechselnde Verbindung des Speichervolumens mit entweder dem Arbeitsraum oder einer Druckquelle oder Drucksenke wird verhindert, daß der Arbeitsraum unmittelbar mit der Druckquelle oder Drucksenke verbunden und damit eine unkontrollierte Zuströmung oder Abströmung von Betätigungsfluid ermöglicht wird. Es erfolgt vielmehr durch die portionsweise Zufuhr oder Abfuhr einer gewissen Fluidmenge ein allmählicher Druckaufbau oder Druckabbau, woraus sich in kleinen Schritten eine Änderung des Differenzdruckes beidseits des Stellglieds einstellt, so daß sich das Stellglied verlagert, wenn die resultierende Differenzkraft größer ist als die Summe der am Stellglied angreifenden äußeren Kräfte und die eventuell auftretenden Reibkraft. Bei ausreichend geringem Speichervolumen läßt sich so das Stellglied überaus fein positionieren.

Aus der DE 35 30 787 A1 gehen bereits ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Betätigung einer Stellvorrichtung hervor, bei der ein konstanter Fluidstrom in eine Impulsfolge unterteilt wird, die dann unter Zwischenschaltung einer als Filter wirkenden Ventileinrichtung der Stellvorrichtung zugeleitet wird. Im Gegensatz zur erfindungsgemäßen Ausgestaltung ist dort allerdings die Verwirklichung feiner Positionierungen von der Schaltgeschwindigkeit der Ventileinrichtung abhängig. Der Gedanke eines abwechselnden Füllens und Entleerens eines Speichervolumens zum Erreichen eines dosierten Draufaufbaues oder Druckabbaues geht aus der DE 35 30 787 A1 nicht hervor.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Ist die zu betreibende Stellvorrichtung mit einem Stellglied versehen, das zwei Arbeitsräume voneinander abteilt, sind zweckmäßigerweise zwei Speichervolumina vorgesehen, wobei man, um das Stellglied in einer gewünschten Stellrichtung zu verlagern, das eine Speichervolumen abwechselnd mit dem einen Arbeitsraum oder der Druckquelle und das andere Speichervolumen abwechselnd mit dem anderen Arbeitsraum oder der Drucksenke verbindet. Die entsprechende Ansteuerung erfolgt vorzugsweise derart zeitlich abgestimmt, daß die beiden Speichervolumina gleichzeitig entweder mit dem jeweils zugeordneten Arbeitsraum oder mit der jeweils zugeordneten Druckquelle bzw. Drucksenke verbunden werden. Auf diese Weise läßt sich gleichzeitig im einen Arbeitsraum eine allmähliche Druckerhöhung und im anderen Arbeitsraum eine allmähliche Druckreduzierung erreichen, die letztlich zur gewünschten Druckdifferenz führt.

Das Freigeben und Absperrern der Verbindung zwischen den Speichervolumina einerseits sowie den Arbeitsräumen bzw. der Druckquelle oder der Drucksenke andererseits geschieht zweckmäßigerweise unter Verwendung zwischengeschalteter Ventileinrichtungen, wobei zweckmäßigerweise in jede Verbindung eine eigene Ventileinrichtung eingeschaltet ist. Die entsprechende Ventileinrichtung kann beispielsweise von einem einfach aufgebauten 2/2-Wegeventil gebildet sein, das als Schaltventil ausgeführt ist. Besondere Anforderungen an die Schaltgeschwindigkeit sind dabei nicht gestellt, da die Arbeitsräume stets nur mit dem Speichervolumen verbunden werden, das über eine begrenzte

Fluidmenge verfügt.

Mehrere Ventileinrichtungen können bei Bedarf auch zu einer oder mehreren Ventileinheiten zusammengefaßt werden, wobei anstelle zweier 2/2-Wegeventile beispielsweise ein 4/3-Wegeventil treten könnte.

Zweckmäßigerweise erfolgt die geschilderte Betätigung nur während einer Betriebsphase der Stellvorrichtung, bei der eine feine Positionierung des Stellglieds erforderlich ist. Während der übrigen Betriebsphasen kann eine konventionelle Betätigung erfolgen, wobei die Möglichkeit vorgesehen sein kann, zur Herbeiführung größerer Verlagerungswege des Kolbens zumindest zeitweilig eine gleichzeitige Verbindung zwischen dem Speichervolumen und dem zugeordneten Arbeitsraum sowie der zugeordneten Druckquelle oder Drucksenke vorzusehen, so daß das Betätigungsfluid ungehindert hindurchströmen kann und das Speichervolumen wirkungslos ist. Im Übergangsbereich zwischen einer derartigen Betätigung und der Dosierbetätigung wäre auch eine zusätzliche Betriebsweise auf Basis der sogenannten Pulsbreitenmodulation möglich.

Je nach Art der Stellvorrichtung kann das Stellglied beispielsweise von einem linear verschiebbaren oder auch verschwenkbaren Stellkolben oder von einem Membranglied gebildet sein. Die Erfindung eignet sich ferner sowohl für sogenannte einfachwirkend als auch für sogenannte doppeltwirkend angetriebene Stellvorrichtungen.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigen:

**Fig. 1** eine mögliche Bauform der erfindungsgemäßen Betätigungsverrichtung in schematischer Darstellung,

**Fig. 2** eine weitere Bauvariante der Betätigungsverrichtung in ebenfalls schematischer Darstellung und

**Fig. 3** ein Diagramm zur Verdeutlichung der beim Betreiben der Betätigungsverrichtung aus **Fig. 1** stattfindenden Verfahrensabläufe.

Aus **Fig. 1** geht eine durch Fluidkraft betreibbare Stellvorrichtung **1** hervor, die ein Gehäuse **2** aufweist, in dem ein als Stellkolben ausgebildetes Stellglied **3** axial bewegbar angeordnet ist.

Das Stellglied **3** unterteilt den Innenraum des Gehäuses **2** unter Abdichtung in zwei axial aufeinanderfolgende Arbeitsräume **A<sub>1</sub>**, **A<sub>2</sub>**. Jeder Arbeitsraum **A<sub>1</sub>**, **A<sub>2</sub>** kommuniziert mit einer Öffnung **4**, **5**, über die ein vorzugsweise pneumatisches Betätigungsfluid zugeführt oder abgeführt werden kann.

Durch die Zufuhr bzw. Abfuhr von Betätigungsfluid läßt sich der in den Arbeitsräumen **A<sub>1</sub>**, **A<sub>2</sub>** herrschende jeweilige Arbeitsdruck **P<sub>A1</sub>** bzw. **P<sub>A2</sub>** vorgeben. Stellt sich eine ausreichend große Druckdifferenz **dP** ein, verlagert sich das kolbenartige Stellglied **3** in Richtung des geringeren Arbeitsdruckes, bis wieder Kräftegleichgewicht herrscht.

Die Bewegung des Stellglieds **3** ist außerhalb des Gehäuses **2** abgreifbar. Hierzu ist ein mit dem Stellglied **3** bewegungsgekoppeltes Abtriebssteil **6** vorgesehen, das beim Ausführungsbeispiel von einer am Stellglied **3** festgelegten und eine der stirnseitigen Gehäusewände durchsetzenden Kolbenstange gebildet ist. Die Stellvorrichtung **1** kann somit als fluidbetätigter Arbeitszylinder bezeichnet werden.

Die Stellvorrichtung **1** könnte auch kolbenstangenlos ausgeführt sein und beispielsweise über ein seitlich neben dem Gehäuse **2** angeordnetes Abtriebssteil verfügen, das über einen abgedichteten Längsschlitz des Gehäuses **2** hindurch oder magnetisch berührungslos mit einem Stellkolben axial bewegungsgekoppelt ist.

Das Stellglied **3** bildet eine bewegliche Wand von gleichzeitig sowohl dem ersten Arbeitsraum **A<sub>1</sub>** als auch dem zweiten Arbeitsraum **A<sub>2</sub>**. Das momentane Volumen der Arbeitsräume **A<sub>1</sub>**, **A<sub>2</sub>** hängt von der momentanen Axialposition

des Stellglieds **3** ab. Jeder Arbeitsraum hat sein Maximalvolumen, wenn das Stellglied **3** an der von dem betreffenden Arbeitsraum abgewandten stirnseitigen Wand des Gehäuses **2** anliegt.

Die Stellvorrichtung des Ausführungsbeispiels ist ein Linearantrieb. Die Erfindung läßt sich jedoch beispielsweise auch bei Schwenk- oder Drehantrieben einsetzen, bei denen das Stellglied als eine Schwenkbewegung ausführendes Bauteil ausgebildet ist. Ferner wäre ein Einsatz bei Vorrichtungen möglich, deren Stellglied als aufgehängte verformbare Stellmembran ausgeführt ist.

Die Betätigung der Stellvorrichtung **1** erfolgt mittels einer Betätigungsverrichtung **7**. Wesentlicher Bestandteil dieser Betätigungsverrichtung **7** ist eine Fluidspeichereinrichtung **8**, die beim Ausführungsbeispiel über zwei separat voneinander ausgebildete Speichervolumina **12**, **13** verfügt. Beide Speichervolumina **12**, **13** können aber in einem gemeinsamen Fluidspeichergehäuse untergebracht sein.

Das erste Speichervolumen **12** ist über eine Leitung **14** an eine Druckquelle **P** angeschlossen. Das zweite Speichervolumen **13** ist über eine Leitung **14'** an eine Drucksenke **R** angeschlossen. Die Drucksenke **R** kann von der Umgebung bzw. der Atmosphäre gebildet sein und Atmosphärendruck aufweisen. Die Druckquelle **P** liefert unter einem Betätigungsdruck stehendes Betätigungsfluid, wobei es sich bei dem Betätigungsdruck um einen Überdruck handelt, beispielsweise in der Größenordnung von 6 bis 10 bar. In die Verbindung zwischen ein jeweiliges Speichervolumen **12**, **13** und die zugeordnete Druckquelle **P** bzw. Drucksenke **R** ist eine erste Ventileinrichtung **V<sub>1</sub>**, **V<sub>2</sub>** zwischengeschaltet. Beide erste Ventileinrichtungen **V<sub>1</sub>**, **V<sub>2</sub>** sind zweckmäßigerweise als Schaltventile in 2/2-Wegebauweise ausgeführt und werden beispielsweise elektromagnetisch betätigt, wobei entsprechende Elektromagneteinrichtungen bei **15** angedeutet sind. In ihrer Grundstellung, die beim Ausführungsbeispiel durch eine Federkraft **16** vorgegeben ist, nehmen die Ventileinrichtungen **V<sub>1</sub>**, **V<sub>2</sub>** eine Schließstellung ein, in der sie die Verbindung zwischen dem Speichervolumen **12**, **13** und der zugeordneten Druckquelle **P** bzw. Drucksenke **R** absperren. Durch Betätigung der Elektromagneteinrichtung **15** sind sie in eine Offenstellung umschaltbar, in der die Fluidverbindung zwischen der Druckquelle **P** bzw. der Drucksenke **R** und dem zugeordneten Speichervolumen **12**, **13** freigegeben ist.

Anstelle der Elektromagneteinrichtung **15** könnten auch andersartige Betätigungseinrichtungen vorgesehen sein, z. B. solche piezoelektrischer Art. Auch könnten die Ventileinrichtungen insgesamt beispielsweise als Piezoventile ausgeführt sein.

Die beiden Speichervolumina **12**, **13** sind darüber hinaus unter Zwischenschaltung einer weiteren Ventileinheit **V<sub>3</sub>** an jeweils einen der beiden Arbeitsräume **A<sub>1</sub>**, **A<sub>2</sub>** angeschlossen. Je nach Schaltstellung der weiteren Ventileinheit **V<sub>3</sub>** ist auch hier die entsprechende Verbindung entweder freigegeben oder abgesperrt. In der in **Fig. 1** gezeigten Grundstellung ist die Verbindung bei der Speichervolumina **12**, **13** zu den Arbeitsräumen **A<sub>1</sub>**, **A<sub>2</sub>** unterbrochen, die Ventileinheit **V<sub>3</sub>** nimmt dann die Schließstellung ein, die beispielsweise durch zwei Federkräfte **17** stabilisiert sein kann.

Die Ventileinheit **V<sub>3</sub>** ist zweckmäßigerweise als Drei-Stellungs-Ventil ausgeführt und beim Ausführungsbeispiel von einem 4/3-Wegeventil gebildet. Ausgehend von der abgebildeten Schließstellung läßt es sich wahlweise in eine von zwei möglichen Offenstellungen umschalten, wobei in der ersten Offenstellung das erste Speichervolumen **12** mit dem ersten Arbeitsraum **A<sub>1</sub>** und das zweite Speichervolumen **13** mit dem zweiten Arbeitsraum **A<sub>2</sub>** verbunden ist, während in der zweiten Offenstellung das erste Speichervo-

lumen 12 mit dem zweiten Arbeitsraum  $A_2$  und gleichzeitig das zweite Speichervolumen 13 mit dem ersten Arbeitsraum  $A_1$  verbunden ist. Die in den beiden Offenstellungen jeweils wirksamen Ventileinrichtungen der Ventileinheit  $V_3$  sind in Fig. 1 schematisch durch  $V_{3,1}$  und  $V_{3,2}$  angedeutet. Zur Betätigung ist jeder Ventileinrichtung  $V_{3,1}$  bzw.  $V_{3,2}$  zweckmäßigerweise wiederum eine Elektromagnetanordnung 15 zugeordnet.

Anstelle der Ventileinheit  $V_3$ , in der zwei zweite Ventileinrichtungen  $V_{3,1}$  und  $V_{3,2}$  zusammengefaßt sind, könnten auch wenigstens zwei separate Ventileinrichtungen vorgesehen sein, die vergleichbar den ersten Ventileinrichtungen  $V_1$ ,  $V_2$  aufgebaut sind und jeweils nur die Verbindung zwischen einem Speichervolumen und einem zugeordneten Arbeitsraum steuern. Um dann aber in beiden Bewegungsrichtungen des Stellglieds 3 eine Positionierung vornehmen zu können, sollten die zweiten Ventileinrichtungen paarweise vorhanden sein, so daß es möglich ist, je nach gewünschter Verlagerungsrichtung die Speichervolumina mit entweder dem einen oder dem anderen Arbeitsraum fluidisch zu verbinden. Die beim Ausführungsbeispiel vorhandene Zusammenfassung in einer als Umschaltventil arbeitenden Ventileinheit  $V_3$  hat den Vorteil eines kompakteren Aufbaus und einer geringeren Anzahl von Ventilen.

Es ist ferner eine elektronische Steuereinrichtung 18 vorgesehen, die über strichpunktirt angedeutete elektrische oder optische Steuerleitungen 22 mit den verschiedenen Ventileinrichtungen bzw. deren Betätigungseinrichtungen wie Elektromagnetanordnungen 15 verbunden ist und die mit einem Wegaufnehmer 23 zusammenarbeitet, der auf geeignete Weise mit dem Stellglied 3 gekoppelt ist. Der Wegaufnehmer könnte berührungslos arbeiten oder beispielsweise unter Verwendung einer Potentiometereinrichtung, die durch Widerstandsänderung Rückschlüsse auf die aktuelle Ist-Position des Stellglieds 3 ermöglicht.

Über die Steuereinrichtung 18 kann nun eine gewünschte Soll-Position des Stellglieds 3 vorgegeben werden, in die sich das Stellglied 3 ausgehend von der Ist-Position verlagert, wobei die Positionierung über die entsprechend angesteuerte Betätigungsvorrichtung 7 erfolgt. Das dabei zugrundeliegende Arbeitsprinzip sieht vor, daß man die beiden Speichervolumina 12, 13 abwechselnd entweder mit einem der Arbeitsräume  $A_1$ ,  $A_2$  oder mit der zugeordneten Druckquelle P bzw. Drucksenke R verbindet und dadurch dem einen Arbeitsraum dosierte Mengen von Betätigungsfluid zuführt und gleichzeitig aus dem anderen Arbeitsraum dosierte Mengen von Betätigungsfluid abführt, bis sich zwischen den bei den Arbeitsräumen  $A_1$ ,  $A_2$  eine Druckdifferenz  $dP$  einstellt, die ausreichend hohe Differenzkräfte hervorruft, um das Stellglied 3 ein Stück weit zu verlagern. Da man sich bei dieser taktweisen Dosierung ganz allmählich an diejenige Druckdifferenz herantastet, die ausreicht, um das Stellglied zu verlagern, wird die Entstehung einer zu großen Druckdifferenz vermieden, und man ist in der Lage, minimalste Bewegung des Stellglieds zu erzeugen, um eine zielgenaue Positionierung auch bei kleinen Wegstrecken des Stellglieds 3 zu erhalten. Das Grundproblem bei Positionierungen über kurze Wegstrecken besteht speziell bei Stellkolben darin, daß zunächst die höhere Haftreibung überwunden werden muß, um den Stellkolben in Bewegung zu setzen, und daß dann bei konventioneller Ansteuerung in aller Regel eine zu hohe Druckdifferenz anliegt, die dazu führt, daß der Stellkolben über das gewünschte Ziel hinausbewegt wird. Mit der erfindungsgemäßen Ansteuerung kann dieser Problematik wirksam entgegen gewirkt werden.

Nachfolgend sei unter Bezugnahme auf die Fig. 3 der Betriebsablauf der Betätigungsvorrichtung 7 geschildert, der sich abspielt, wenn das Stellglied 3 ausgehend von der ge-

zeigten Ist-Position 24 in einer durch Pfeil angedeuteten axialen Stellrichtung 25 in eine strichpunktirt angedeutete Soll-Position 26 verlagert wird. Den Betrachtungen liegt dabei ein Zustand bei zunächst noch stillstehendem Stellglied 3 zugrunde.

In dem Diagramm der Fig. 3 sind jeweils in Abhängigkeit von der Zeit  $t$  die Schaltzustände der ersten Ventileinrichtungen  $V_1$ ,  $V_2$ , die in den Speichervolumina 12, 13 herrschenden Speicherdrücke  $P_1$ ,  $P_2$ , der Schaltzustand der Ventileinrichtung  $V_{3,1}$  (Bestandteil der Ventileinheit  $V_3$ ) und der Differenzdruck  $dP$  in den Arbeitsräumen  $A_1$ ,  $A_2$  aufgetragen.

Zunächst sei angenommen, daß in den beiden Arbeitsräumen  $A_1$ ,  $A_2$  Anfangsdrücke herrschen, die am Stellglied 3 ein Kräftegleichgewicht bewirken, so daß der Stellglied 3 in der Ist-Position 24 verharrt. Die Ventileinrichtungen  $V_1$ ,  $V_2$  und die Ventileinheit  $V_3$  befinden sich dabei in der Schließstellung.

Nun wird die Ventileinrichtung  $V_1$  geöffnet, was in Fig. 3 durch einen ersten Rechteckimpuls 27 angedeutet ist. Das zu den Arbeitsräumen  $A_1$ ,  $A_2$  weiterhin abgesperrte erste Speichervolumen 12 wird dabei mit Betätigungsfluid aus der Druckquelle P gefüllt, wobei der Speicherdruck  $P_1$  ansteigt (Anstiegsflanke 28 in Fig. 3), bis er dem anliegenden Betätigungsdruck entspricht. Anschließend wird die Ventileinrichtung  $V_1$  wieder in die Schließstellung umgeschaltet, so daß die im ersten Speichervolumen 12 befindliche Fluidmenge eingeschlossen ist. Nun wird die Ventileinheit  $V_3$  betätigt, so daß sie in die erste Offenstellung umschaltet, in der die Ventileinrichtung  $V_{3,1}$  wirksam ist. Das erste Speichervolumen 12 wird hierdurch fluidisch mit dem ersten Arbeitsraum  $A_1$  verbunden, so daß Betätigungsfluid aus dem ersten Speichervolumen 12 in den ersten Arbeitsraum  $A_1$  überströmt, wobei der Arbeitsdruck  $P_{A1}$  ansteigt und der Speicherdruck  $P_1$  gemäß Absenkungsflanke 32 aus Fig. 3 absinkt, bis Druckausgleich vorliegt. Nun wird die Ventileinheit  $V_3$  bzw. die zugeordnete Ventileinrichtung  $V_{3,1}$  wieder in die Schließstellung zurückgeschaltet. Im ersten Arbeitsraum  $A_1$  herrscht nun ein Arbeitsdruck  $P_{A1}$ , der dem Druckniveau des Speicherdruckes  $P_1$  im ersten Speichervolumen 12 entspricht, das in Fig. 3 bei 33 angedeutet ist.

Die Betätigung der beiden Ventileinrichtungen  $V_1$ ,  $V_2$  erfolgt zweckmäßigerweise stets gleichzeitig, so daß sich bei in Offenstellung befindlicher Ventileinrichtung  $V_1$  auch die andere erste Ventileinrichtung  $V_2$  in Offenstellung befindet. Dabei wird das zweite Speichervolumen 13 an die Drucksenke R entlastet bzw. entlüftet, so daß in dem zweiten Speichervolumen 13 Umgebungsdruck herrscht. Das erste Öffnungsintervall der Ventileinrichtung  $V_2$  ist in Fig. 3 durch einen Rechteckimpuls 27' angedeutet.

Bei in die Offenstellung umgeschalteter Ventileinheit  $V_3$  wird gleichzeitig zur Verbindung zwischen dem ersten Speichervolumen 12 und dem ersten Arbeitsraum  $A_1$  eine Fluidverbindung zwischen dem zweiten Speichervolumen 13 und dem zweiten Arbeitsraum  $A_2$  hergestellt. Die Verbindung des zweiten Speichervolumens 13 zur Drucksenke R ist dabei abgesperrt. Dies hat zur Folge, daß zwischen dem zweiten Arbeitsraum  $A_2$  und dem zweiten Speichervolumen 13 ebenfalls ein Druckausgleich stattfindet, wobei Betätigungsfluid aus dem einen höheren Arbeitsdruck  $P_{A2}$  aufweisenden zweiten Arbeitsraum  $A_2$  in das zweite Speichervolumen 13 überströmt. Der Speicherdruck  $P_2$  steigt dabei entsprechend der Anstiegsflanke 34 gemäß Fig. 3 auf ein Druckniveau 33' an, das mit dem im zweiten Arbeitsraum  $A_2$  verbleibenden Arbeitsdruck  $P_{A2}$  identisch ist.

Das Öffnungsintervall der Ventileinheit  $V_3$  bzw. der zugehörigen Ventileinrichtung  $V_{3,1}$  ist in Fig. 3 bei 35 angedeutet.

Während also im Laufe des geschilderten Betätigungszyklus der Druck im ersten Arbeitsraum  $A_1$  geringfügig erhöht wird, wird der Druck im zweiten Arbeitsraum  $A_2$  gleichzeitig geringfügig abgesenkt. Daraus resultiert ein erster Anstieg des Differenzdruckes  $dP$  zwischen den beiden Arbeitsdrücken  $P_{A1}$  und  $P_{A2}$ , was in Fig. 3 durch eine Anstiegsflanke 36 verdeutlicht wird.

Bei geschlossener Ventileinheit  $V_3$  werden anschließend erneut die beiden Ventileinrichtungen  $V_1, V_2$  in die Offenstellung umgeschaltet, so daß die beiden Speichervolumen 12, 13 neuerlich gefüllt bzw. entlüftet werden. Nach dem anschließenden Schließen der beiden Ventileinrichtungen  $V_1, V_2$  wird die Ventileinheit  $V_3$  aus der zuvor noch eingenommenen Schließstellung erneut in die erste Offenstellung umgeschaltet, so daß sich die vorstehend beschriebene Verfahrensweise wiederholt. Bei diesem zweiten Betätigungszyklus ergibt sich im Stellglied 3 ein weiterer Anstieg des ersten Arbeitsdruckes  $P_{A1}$  bei gleichzeitiger weiterer Absenkung des zweiten Arbeitsdruckes  $P_{A2}$ , wobei die sich einstellenden Druckniveaus mit den in den Speichervolumina 12, 13 herrschenden übereinstimmen und in Fig. 3 bei 37, 37' angedeutet sind. Als Resultat verbleibt dementsprechend ein zweiter Anstieg des Differenzdruckes  $dP$ , was in Fig. 3 durch die Anstiegsflanke 38 verdeutlicht ist.

Die geschilderten Betätigungszyklen werden dann so oft wiederholt, bis sich zwischen den beiden Arbeitsräumen  $A_1, A_2$  die gewünschte Druckdifferenz  $dP$  eingestellt hat, die für eine geringfügige Verlagerung des Stellglieds 3 in Stellrichtung 25 sorgt.

Soll das Stellglied 3 in entgegengesetzter Stellrichtung 25' verlagert werden, finden die gleichen Betriebsabläufe wie vorstehend geschildert statt, jedoch mit dem Unterschied, daß die Ventileinheit  $V_3$  nicht in die erste Offenstellung, sondern in die zweite Offenstellung umgeschaltet wird, so daß in dieser zweiten Offenstellung die Ventileinrichtung  $V_{3,2}$  aktiv ist. Dies führt dann dazu, daß in den einzelnen Betätigungszyklen im ersten Arbeitsraum  $A_1$  ein Druckabbau und im zweiten Arbeitsraum  $A_2$  ein Druckaufbau stattfindet.

Um die geschilderte Betriebsweise zu gewährleisten, sollte ein jeweiliges Speichervolumen volumenmäßig geringer sein als das Maximalvolumen des zeitweise mit ihm kommunizierenden Arbeitsraumes. Zweckmäßigerweise wird das Speichervolumen erheblich kleiner gewählt, wobei man sich größtmäßig an der auszuführenden Positionieraufgabe orientiert. Die Speichervolumina werden zweckmäßigerweise um so kleiner gewählt, je feiner das Stellglied 3 positioniert werden soll. Die Größe der Speichervolumina beeinflusst die Druckerhöhungsschritte und die Druckabsenkungsschritte in den Arbeitsräumen pro Betätigungszyklus.

Prinzipiell wäre es auch möglich, nur einem Arbeitsraum ein Speichervolumen zuzuordnen und durch getaktete dosierte Druckerhöhung oder Druckerniedrigung eine Verlagerung des Stellglieds herbeizuführen. Im übrigen könnten die Speichervolumina auch von Druckmittelkanälen bzw. Druckmittelleitungen geeigneten Querschnittes und geeigneter Länge gebildet sein.

Das in Fig. 2 gezeigte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von demjenigen der Fig. 1 lediglich durch eine Umkehrung der Anordnung der Ventileinheit  $V_3$  und der beiden Ventileinrichtungen  $V_1$  und  $V_2$ . Im übrigen sind übereinstimmende Bauteile in Fig. 2 mit identischen Bezugszeichen versehen.

So ist jedes Speichervolumen 12, 13 fest an einen der beiden Arbeitsräume  $A_1, A_2$  angeschlossen, und in die jeweilige Verbindung ist eine der Ventileinrichtungen  $V_1, V_2$  zwischengeschaltet. Die Ventileinheit  $V_3$  befindet sich nun in der Verbindung zwischen den Speichervolumina 12, 13 und

der Druckquelle  $P$  bzw. der Drucksenke  $R$ . In den beiden Offenstellungen der Ventileinheit  $V_3$  wird jeweils das eine Speichervolumen mit der Druckquelle  $P$  und gleichzeitig das andere Speichervolumen mit der Drucksenke  $R$  verbunden. Die Verbindung zwischen den Speichervolumina 12, 13 und den zugeordneten Arbeitsräumen  $A_1, A_2$  wird über die separaten Ventileinrichtungen  $V_1, V_2$  getrennt gesteuert. Es versteht sich allerdings, daß in dieser Ausführungsform wie auch im Falle der Ausführungsform gemäß Fig. 1 die beiden Ventileinrichtungen  $V_1, V_2$  auch gemeinsamer Bestandteil einer Ventileinheit sein können. Auch wäre es möglich, anstelle der beiden Speichervolumina 12, 13 gemeinsam zugeordneten Ventileinheit  $V_3$  zwei Paare von 2/2-Wegeventilen zuzuordnen, die unabhängig voneinander betätigbar sind und jeweils entweder eine Verbindung zur Druckquelle  $P$  oder zur Drucksenke  $R$  ermöglichen. Die Vereinigung mehrerer Ventulfunktionen in einer umfassenderen Ventileinheit ermöglicht allerdings kompaktere Bauformen.

Zweckmäßigerweise ermöglicht die Betätigungsverrichtung auch noch weitere Betriebsweisen als die geschilderte. Die Anordnung wird vorzugsweise so getroffen, daß das geschilderte Betätigungsverfahren stets dann zur Anwendung gelangt, wenn es darum geht, geringe Druckdifferenzen einzustellen, um feine Positionieraufgaben zu bewältigen. Darüber hinaus ist es aber ohne weiteres möglich, zur Herbeiführung größerer Verlagerungswegs des Stellglieds zumindest zeitweilig eine gleichzeitige Verbindung zwischen den Speichervolumina 12, 13 sowie dem zugeordneten Arbeitsraum und der zugeordneten Druckquelle bzw. Drucksenke vorzunehmen. Hierzu bedarf es lediglich einer Ansteuerung der Ventileinrichtungen  $V_1, V_2$  und der Ventileinheit  $V_3$  derart, daß eine durchgängige Verbindung von der Druckquelle  $P$  bzw. der Drucksenke  $R$  zum zugeordneten Arbeitsraum  $A_1, A_2$  vorliegt. Auf diese Weise lassen sich rasch große Druckdifferenzen einstellen, um große Hübe des Stellglieds 3 zu verwirklichen. Die "Dosierschaltung" ist dabei praktisch wirkungslos gemacht. Die Druckdifferenz  $dP$  wird dadurch eingestellt, daß man die Ventileinheit  $V_3$  in eine der beiden Offenstellungen bringt und anschließend die Ventileinrichtungen  $V_1, V_2$  in gewünschter Weise schaltet.

Um eine eher mittelgroße Druckdifferenz  $dP$  einzustellen, ist darüber hinaus eine Ansteuerung nach dem Prinzip der Pulsweitenmodulation möglich. Hierbei wird wiederum die Ventileinheit  $V_3$  entsprechend der gewünschten Stellrichtung 25, 25' in die erste oder zweite Offenstellung verbracht und belassen und anschließend der Aufbau der erforderlichen Druckdifferenz durch pulsweitenmodulierte Ansteuerung der Ventileinrichtungen  $V_1, V_2$  hervorgerufen.

Mit dem erfindungsgemäßen Betätigungsverfahren sind im Vergleich dazu noch erheblich geringere Druckdifferenzen einstellbar, was nicht nur die Feinpositionierung großer Stellvorrichtungen, sondern auch eine exakte Positionierung kleinbauender Stellvorrichtungen ermöglicht, bei denen die zu steuernden Fluidströme entsprechend klein sind.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Betätigung einer fluidisch betriebenen Stellvorrichtung (1), die ein Stellglied (3) aufweist, das eine bewegliche Wand wenigstens eines Arbeitsraumes ( $A_1, A_2$ ) bildet, wobei zur Herbeiführung einer Bewegung des Stellglieds (3) Betätigungsfluid in den Arbeitsraum ( $A_1, A_2$ ) eingespeist oder aus diesem abgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß man das im Vergleich zum Maximalvolumen des Arbeitsraumes ( $A_1, A_2$ ) geringere Speichervolumen (12, 13) einer Fluidspeichereinrichtung (8) abwechselnd entweder mit dem Arbeitsraum ( $A_1, A_2$ ) oder mit einer Druck-

quelle (P) oder Drucksenke (R) verbindet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man bei einem zwei Arbeitsräume ( $A_1$ ,  $A_2$ ) voneinander abteilenden Stellglied (3) zwei Speichervolumina (12, 13) vorsieht, wobei man zur Verlagerung des Stellglieds in einer Stellrichtung (25; 25') das eine Speichervolumen (12) abwechselnd mit dem einen Arbeitsraum ( $A_1$ ) oder mit einer Druckquelle (P) und das andere Speichervolumen (13) abwechselnd mit dem anderen Arbeitsraum ( $A_2$ ) oder der Drucksenke (R) verbindet.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß man die beiden Speichervolumina (12, 13) zeitlich abgestimmt mit dem jeweils zugeordneten Arbeitsraum ( $A_1$ ,  $A_2$ ) sowie der Druckquelle (P) bzw. der Drucksenke (R) verbindet, so daß eine gleichzeitige Verbindung entweder zu den Arbeitsräumen ( $A_1$ ,  $A_2$ ) oder zur Druckquelle (P) bzw. zur Drucksenke (R) vorliegt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß man zur Herbeiführung größerer Verlagerungswege des Stellglieds (3) zumindest zeitweilig eine gleichzeitige Verbindung zwischen dem Speichervolumen (12, 13) und dem zugeordneten Arbeitsraum ( $A_1$ ,  $A_2$ ) sowie der zugeordneten Druckquelle (P) oder Drucksenke (R) vorsieht.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß man eine pulsierende gleichzeitige Verbindung vorsieht.

6. Betätigungsvorrichtung für eine fluidisch betriebene Stellvorrichtung (1), die ein Stellglied (3) aufweist, das eine bewegliche Wand wenigstens eines Arbeitsraumes ( $A_1$ ,  $A_2$ ) bildet, wobei zur Herbeiführung einer Bewegung des Stellglieds (3) Betätigungsfluid in den Arbeitsraum ( $A_1$ ,  $A_2$ ) einspeisbar oder aus diesem abführbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß eine Fluidspeichereinrichtung (8) vorhanden ist, die ein im Vergleich zum Maximalvolumen des Arbeitsraumes ( $A_1$ ,  $A_2$ ) geringeres Speichervolumen (12, 13) aufweist, und daß zwischen das Speichervolumen (12, 13) und den Arbeitsraum ( $A_1$ ,  $A_2$ ) einerseits sowie zwischen das Speichervolumen (12, 13) und eine Druckquelle (P) oder eine Drucksenke (R) andererseits eine die wahlweise Freigabe oder Absperrung der betreffenden Verbindung ermöglichende Ventileinrichtung ( $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_{3,1}$ ,  $V_{3,2}$ ) zwischengeschaltet ist, wobei das Speichervolumen (12, 13) abwechselnd entweder mit dem Arbeitsraum ( $A_1$ ,  $A_2$ ) oder mit der Druckquelle (P) oder der Drucksenke (R) verbindbar ist.

7. Betätigungsvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß für eine Stellvorrichtung (1), bei der das Stellglied (3) zwei Arbeitsräume ( $A_1$ ,  $A_2$ ) voneinander abteilt, zwei Speichervolumina (12, 13) vorgesehen sind, die jeweils einerseits mit einem der Arbeitsräume ( $A_1$ ,  $A_2$ ) und andererseits mit der Druckquelle (P) oder der Drucksenke (R) verbindbar sind.

8. Betätigungsvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Ventileinrichtungen zur Verlagerung des Stellglieds (3) in einer Stellrichtung (25, 25') derart betätigt werden, daß das eine Speichervolumen (12) abwechselnd mit dem einen Arbeitsraum ( $A_1$ ) oder der Druckquelle (P) und das andere Speichervolumen (13) abwechselnd mit dem anderen Arbeitsraum ( $A_2$ ) oder der Drucksenke (R) in Verbindung steht.

9. Betätigungsvorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die zwischen die Speichervolumina (12, 13) und die Druckquelle (P) oder

Drucksenke (R) zwischengeschalteten ersten Ventileinrichtungen ( $V_1$ ,  $V_2$ ) und/oder die zwischen die Speichervolumina (12, 13) und die Arbeitsräume ( $A_1$ ,  $A_2$ ) zwischengeschalteten zweiten Ventileinrichtungen ( $V_{3,1}$ ;  $V_{3,2}$ ) Bestandteil einer Ventileinheit ( $V_3$ ) sind.

10. Betätigungsvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ventileinheit ( $V_3$ ) so ausgebildet ist, daß in Abhängigkeit von der gewählten Schaltstellung stets ein gleichzeitiges Freigeben oder Absperrern der zugeordneten Verbindung erfolgt, wobei die Ventileinheit insbesondere als 4/3-Wegeventileinheit ausgebildet ist.

11. Betätigungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Ventileinrichtungen ( $V_1$ ,  $V_2$ ) von 2/2-Wegeventilen gebildet sind.

12. Betätigungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, gekennzeichnet durch eine elektronische Steuereinrichtung (18) zur Ansteuerung der Ventileinrichtungen in Abhängigkeit von der Ist-Position und einer gewünschten Soll-Position des Stellkolbens.

13. Betätigungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellglied (3) von einem verschiebbar in einem Gehäuse (2) angeordneten Stellkolben gebildet ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

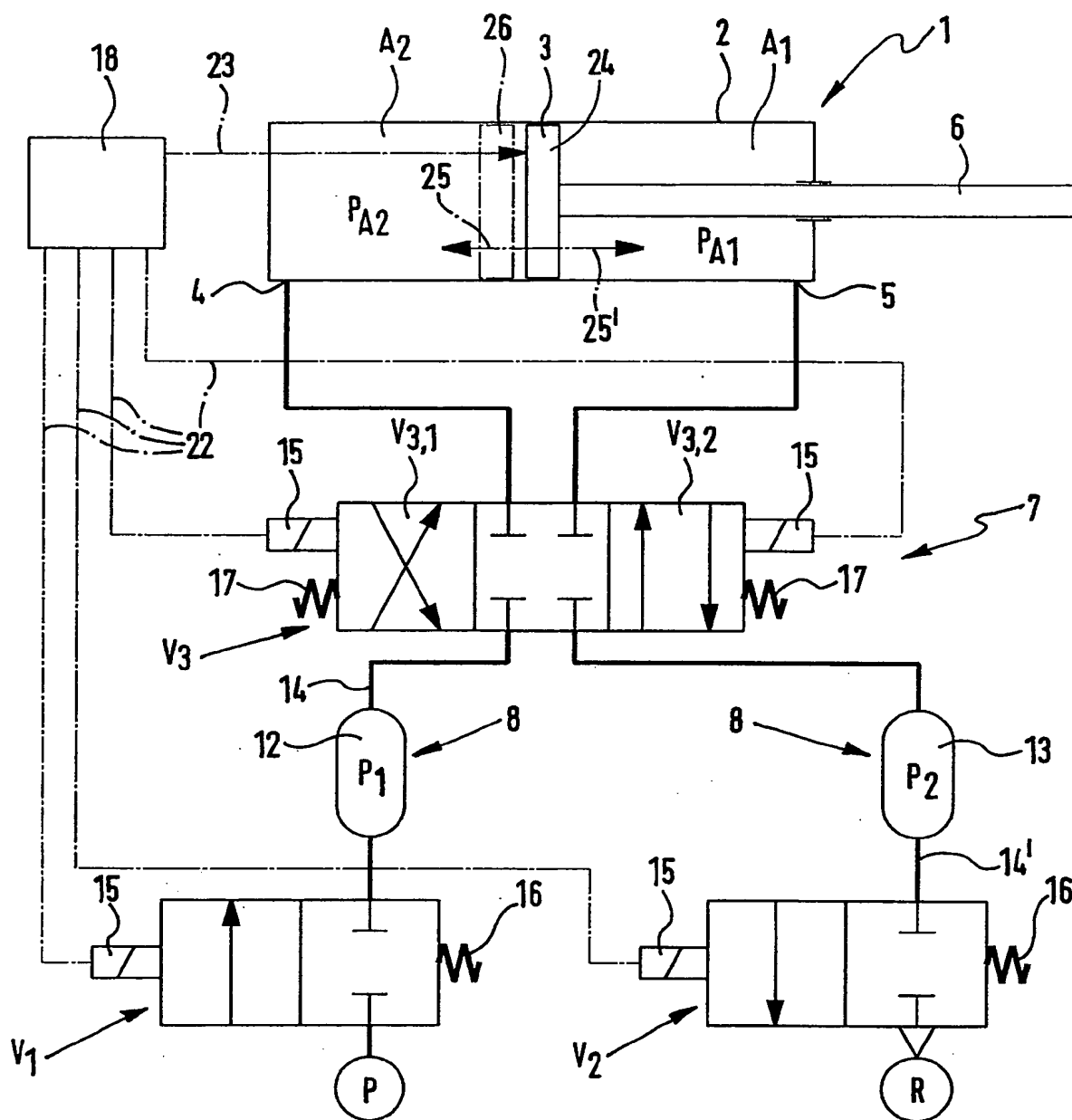
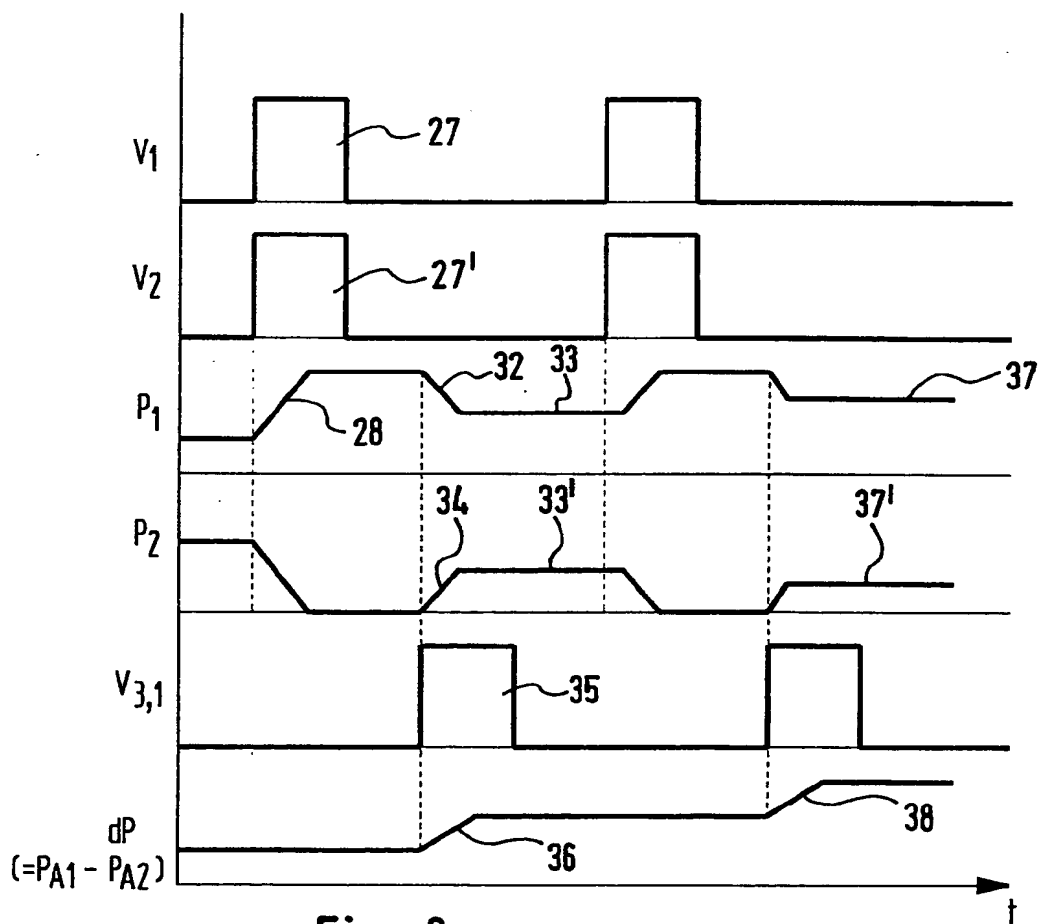
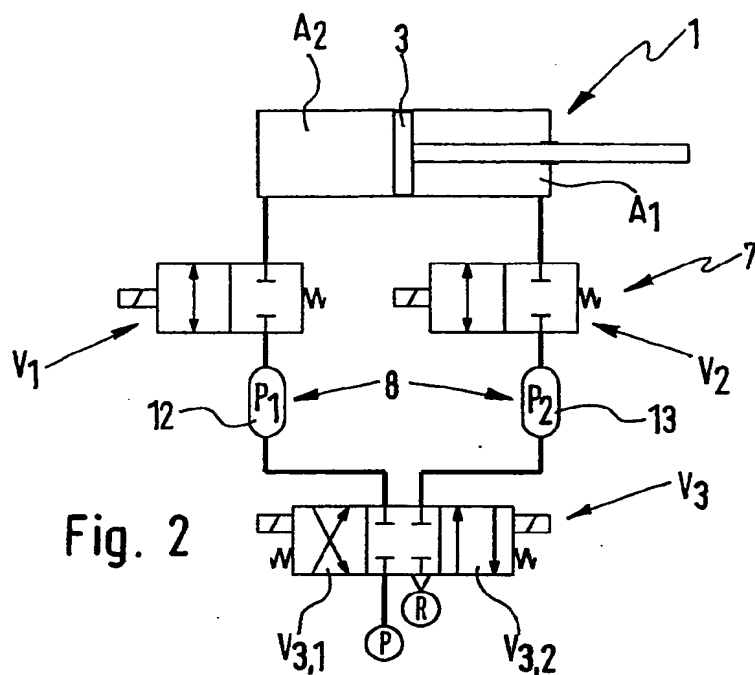


Fig. 1







(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 197 28 850 B4 2004.07.15

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 197 28 850.2  
(22) Anmeldetag: 05.07.1997  
(43) Offenlegungstag: 07.01.1999  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 15.07.2004

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **F15B 9/08**  
F15B 21/08, F15B 1/02, F15B 13/043,  
F15B 15/14  
// F15B 1/00, 21/12

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:  
**FESTO AG & Co, 73734 Esslingen, DE**

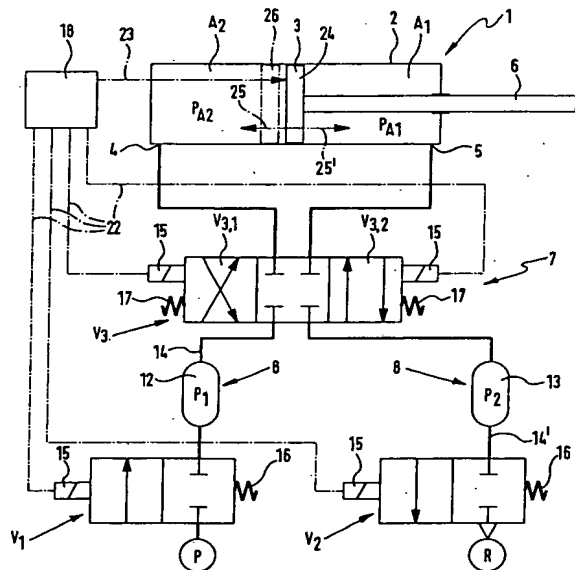
(74) Vertreter:  
**Patentanwälte Magenbauer & Kollegen, 73730  
Esslingen**

(72) Erfinder:  
**Stoll, Kurt, Dr. Dipl.-Ing., 73732 Esslingen, DE;  
Weilhard, Franz Josef, 71394 Kernen, DE; Mechler,  
Wolfgang, 73730 Esslingen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**DE 44 22 528 A1**  
**DE 35 30 787 A1**  
**EP 04 54 510 A1**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Betätigung einer fluidisch betriebenen Stellvorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Betätigung einer fluidisch betriebenen Stellvorrichtung (1), die ein Stellglied (3) aufweist, das eine bewegliche Wand wenigstens eines Arbeitsraumes ( $A_1$ ,  $A_2$ ) bildet, wobei zur Herbeiführung einer Bewegung des Stellglieds (3) Betätigungsfluid aus einer Fluidspeichereinrichtung (8) in den Arbeitsraum ( $A_1$ ,  $A_2$ ) eingespeist oder Betätigungsfluid aus dem Arbeitsraum ( $A_1$ ,  $A_2$ ) abgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß man ein im Vergleich zum Maximalvolumen des Arbeitsraumes ( $A_1$ ,  $A_2$ ) geringeres Speichervolumen (12, 13) der Fluidspeichereinrichtung (8) abwechselnd entweder mit dem Arbeitsraum ( $A_1$ ,  $A_2$ ) oder mit einer Druckquelle (P) oder Drucksenke (R) verbindet.



**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Betätigung einer fluidisch betriebenen Stellvorrichtung, die ein Stellglied aufweist, das eine bewegliche Wand wenigstens eines Arbeitsraumes bildet, wobei zur Herbeiführung einer Bewegung des Stellgliedes Betätigungsfluid aus einer Fluidspeichereinrichtung in den Arbeitsraum eingespeist oder Betätigungsfluid aus dem Arbeitsraum abgeführt wird. Ferner betrifft die Erfindung eine Betätigungsverrichtung für eine fluidisch betriebene Stellvorrichtung.

**Stand der Technik**

[0002] Mit einem zum Beispiel als Stellkolben ausgebildeten Stellglied versehene Stellvorrichtungen finden ein Hauptanwendungsgebiet auf dem Sektor der Fluidtechnik, wo sie meist als Antriebe zum Bewegen beliebiger Bauteile eingesetzt werden. Ein Ausführungsbeispiel für eine solche Stellvorrichtung geht aus der EP 0 454 510 A1 hervor, wobei es sich um einen hydraulisch betriebenen Arbeitszylinder handelt, dessen Stellkolben zwei Arbeitsräume voneinander abteilt, die entweder mit einem Betätigungsfluid aus einem Fluidspeicher beaufschlagbar oder mit einem Tank verbindbar sind, um den Stellkolben zu verlagern.

[0003] Eine besondere Problematik bei derartigen Stellvorrichtungen stellt die exakte Positionierung des Stellglieds dar. Noch am genauesten läßt sich hierbei mit sogenannten Proportionalventilen arbeiten, die es erlauben, die in die Arbeitsräume zuzuführenden und abzuführenden Fluidströme exakt und feinfühlig einzustellen. Nachteilig sind jedoch die hohen Kosten dieser Ventiltechnik. Im Vergleich kostengünstiger sind sogenannte Schaltventile, die digital zwischen Offenstellungen und Schließstellungen umschaltbar sind und weniger Fertigungsaufwand bedürfen. Mit ihnen lassen sich zwar gröbere Positionierarbeiten mit ausreichender Genauigkeit durchführen, bei Feinpositionierungen stößt man jedoch an gewisse Grenzen, vor allem wenn der Stellkolben nur um minimale Wegstrecken verlagert werden soll.

[0004] Im Falle der EP 0 454 510 A1 kommen Schaltventile zur Positionierung des Stellgliedes zum Einsatz. Diese Schaltventile sind derart miteinander verknüpft, daß die Fluidzufuhr aus einem Fluidspeicher in einen der Arbeitsräume gleichzeitig die Fluidabfuhr aus dem anderen Arbeitsraum hervorruft, so daß sich das Stellglied verlagert. Zum Halten des Stellgliedes in einer bestimmten Position wird das Fluidvolumen beider Arbeitsräume eingesperrt. Aufgrund des trägen Schaltverhaltens der Ventile ist es aber auch hier schwierig, den Stellkolben exakt zu positionieren.

[0005] Eine ähnliche Problematik ist auch dann gegeben, wenn man wie im Falle der DE 44 22 528 A1 die Ventile mit dem Betätigungsprinzip der sogenannten Pulsweitenmodulation betreibt.

**Aufgabenstellung**

[0006] Es ist somit die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, das bzw. die auf einfache Weise eine präzise Feinpositionierung des Stellglieds ermöglicht.

[0007] Zur Lösung dieser Aufgabe ist bei einem Verfahren gemäß Oberbegriff des Patentanspruches 1 vorgesehen, daß man ein im Vergleich zum Maximalvolumen des Arbeitsraumes geringeres Speichervolumen der Fluidspeichereinrichtung abwechselnd entweder mit dem Arbeitsraum oder mit einer Druckquelle oder Drucksenke verbindet.

[0008] Ferner wird die Aufgabe mit einer Betätigungsverrichtung gemäß Oberbegriff des Patentanspruches 6 gelöst, bei der die Fluidspeichereinrichtung ein im Vergleich zum Maximalvolumen des Arbeitsraumes geringeres Speichervolumen aufweist und bei der zwischen das Speichervolumen und den Arbeitsraum einerseits sowie zwischen das Speichervolumen und eine Druckquelle oder eine Drucksenke andererseits eine die wahlweise Freigabe oder Absperrung der betreffenden Verbindung ermöglichende Ventileinrichtung zwischengeschaltet ist, wobei das Speichervolumen abwechselnd entweder mit dem Arbeitsraum oder mit der Druckquelle oder der Drucksenke verbindbar ist.

[0009] Auf diese Weise ist die Möglichkeit gegeben, das Stellglied einer fluidisch betriebenen Stellvorrichtung ungeachtet der in der Regel vorhandenen Reibungskräfte auch über kurze Wegstrecken sehr exakt zu positionieren. Das Wirkprinzip basiert darauf, dem betreffenden Arbeitsraum je nach gewünschter Bewegungsrichtung des Stellglieds eine gewisse Fluidmenge dosiert zuzuführen oder zu entnehmen, wobei die Luftmenge durch das Speichervolumen vorgegeben ist. Dieses Speichervolumen ist kleiner als das Maximalvolumen des zugeordneten Arbeitsraumes und dabei zweckmäßigerweise verhältnismäßig gering, wobei die Positioniergenauigkeit in der Regel zunimmt, je geringer das Speichervolumen ausgeführt ist. Durch die abwechselnde Verbindung des Speichervolumens mit entweder dem Arbeitsraum oder einer Druckquelle oder Drucksenke wird verhindert, daß der Arbeitsraum unmittelbar mit der Druckquelle oder Drucksenke verbunden und damit eine unkontrollierte Zuströmung oder Abströmung von Betätigungsfluid ermöglicht wird. Es erfolgt vielmehr durch die portionsweise Zufuhr oder Abfuhr einer gewissen Fluidmenge ein allmählicher Druckaufbau oder Druckabbau, woraus sich in kleinen Schritten eine Änderung des Differenzdruckes beidseits des Stellglieds einstellt, so daß sich das Stellglied verlagert, wenn die resultierende Differenzkraft größer ist als die Summe der am Stellglied angreifenden äußeren Kräfte und der eventuell auftretenden Reibkraft. Bei ausreichend geringem Speichervolumen läßt sich so das Stellglied überaus fein positionieren. Aus der DE 35 30 787 A1 gehen bereits ein Verfahren und

eine Vorrichtung zur Betätigung einer Stellvorrichtung hervor, bei der ein konstanter Fluidstrom in eine Impulsfolge unterteilt wird, die dann unter Zwischenschaltung einer als Filter wirkenden Ventileinrichtung der Stellvorrichtung zugeleitet wird. Im Gegensatz zur erfindungsgemäßen Ausgestaltung ist dort allerdings die Verwirklichung feiner Positionierungen von der Schaltgeschwindigkeit der Ventileinrichtung abhängig. Der Gedanke eines abwechselnden Füllens und Entleerens eines Speichervolumens zum Erreichen eines dosierten Druckaufbaues oder Druckabbaues geht aus der DE 35 30 787 A1 nicht hervor.

[0010] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

[0011] Ist die zu betreibende Stellvorrichtung mit einem Stellglied versehen, das zwei Arbeitsräume voneinander abteilt, sind zweckmäßigerweise zwei Speichervolumina vorgesehen, wobei man, um das Stellglied in einer gewünschten Stellrichtung zu verlagern, das eine Speichervolumen abwechselnd mit dem einen Arbeitsraum oder der Druckquelle und das andere Speichervolumen abwechselnd mit dem anderen Arbeitsraum oder der Drucksenke verbindet. Die entsprechende Ansteuerung erfolgt vorzugsweise derart zeitlich abgestimmt, daß die beiden Speichervolumina gleichzeitig entweder mit dem jeweils zugeordneten Arbeitsraum oder mit der jeweils zugeordneten Druckquelle bzw. Drucksenke verbunden werden. Auf diese Weise läßt sich gleichzeitig im einen Arbeitsraum eine allmähliche Druckerhöhung und im anderen Arbeitsraum eine allmähliche Druckreduzierung erreichen, die letztlich zur gewünschten Druckdifferenz führt.

[0012] Das Freigeben und Absperren der Verbindung zwischen den Speichervolumina einerseits sowie den Arbeitsräumen bzw. der Druckquelle oder der Drucksenke andererseits geschieht zweckmäßigerweise unter Verwendung zwischengeschalteter Ventileinrichtungen, wobei zweckmäßigerweise in jede Verbindung eine eigene Ventileinrichtung eingeschaltet ist. Die entsprechende Ventileinrichtung kann beispielsweise von einem einfach aufgebauten 2/2-Wegeventil gebildet sein, das als Schaltventil ausgeführt ist. Besondere Anforderungen an die Schaltgeschwindigkeit sind dabei nicht gestellt, da die Arbeitsräume stets nur mit dem Speichervolumen verbunden werden, das über eine begrenzte Fluidmenge verfügt.

[0013] Mehrere Ventileinrichtungen können bei Bedarf auch zu einer oder mehreren Ventileinheiten zusammengefaßt werden, wobei anstelle zweier 2/2-Wegeventile beispielsweise ein 4/3-Wegeventil treten könnte.

[0014] Zweckmäßigerweise erfolgt die geschilderte Betätigung nur während einer Betriebsphase der Stellvorrichtung, bei der eine feine Positionierung des Stellglieds erforderlich ist. Während der übrigen Betriebsphasen kann eine konventionelle Betätigung erfolgen, wobei die Möglichkeit vorgesehen sein kann, zur Herbeiführung größerer Verlagerungswege des

Kolbens zumindest zeitweilig eine gleichzeitige Verbindung zwischen dem Speichervolumen und dem zugeordneten Arbeitsraum sowie der zugeordneten Druckquelle oder Drucksenke vorzusehen, so daß das Betätigungsfluid ungehindert hindurchströmen kann und das Speichervolumen wirkungslos ist. Im Übergangsbereich zwischen einer derartigen Betätigung und der Dosierbetätigung wäre auch eine zusätzliche Betriebsweise auf Basis der sogenannten Pulsbreitenmodulation möglich.

[0015] Je nach Art der Stellvorrichtung kann das Stellglied beispielsweise von einem linear verschiebbaren oder auch verschwenkbaren Stellkolben oder von einem Membranglied gebildet sein. Die Erfindung eignet sich ferner sowohl für sogenannte einfachwirkend als auch für sogenannte doppeltwirkend angetriebene Stellvorrichtungen.

#### Ausführungsbeispiel

[0016] Nachfolgend wird die Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigen:

[0017] Fig. 1 eine mögliche Bauform der erfindungsgemäßen Betätigungsvorrichtung in schematischer Darstellung,

[0018] Fig. 2 eine weitere Bauvariante der Betätigungsvorrichtung in ebenfalls schematischer Darstellung und

[0019] Fig. 3 ein Diagramm zur Verdeutlichung der beim Betreiben der Betätigungsvorrichtung aus Fig. 1 stattfindenden Verfahrensabläufe.

[0020] Aus Fig. 1 geht eine durch Fluidkraft betreibbare Stellvorrichtung 1 hervor, die ein Gehäuse 2 aufweist, in dem ein als Stellkolben ausgebildetes Stellglied 3 axial bewegbar angeordnet ist.

[0021] Das Stellglied 3 unterteilt den Innenraum des Gehäuses 2 unter Abdichtung in zwei axial aufeinanderfolgende Arbeitsräume  $A_1$ ,  $A_2$ . Jeder Arbeitsraum  $A_1$ ,  $A_2$  kommuniziert mit einer Öffnung 4, 5, über die ein vorzugsweise pneumatisches Betätigungsfluid zugeführt oder abgeführt werden kann.

[0022] Durch die Zufuhr bzw. Abfuhr von Betätigungsfluid läßt sich der in den Arbeitsräumen  $A_1$ ,  $A_2$  herrschende jeweilige Arbeitsdruck  $P_{A1}$  bzw.  $P_{A2}$  vorgeben. Stellt sich eine ausreichend große Druckdifferenz  $dP$  ein, verlagert sich das kolbenartige Stellglied 3 in Richtung des geringeren Arbeitsdruckes, bis wieder Kräftegleichgewicht herrscht.

[0023] Die Bewegung des Stellglieds 3 ist außerhalb des Gehäuses 2 abgreifbar. Hierzu ist ein mit dem Stellglied 3 bewegungsgekoppeltes Abtriebssteil 6 vorgesehen, das beim Ausführungsbeispiel von einer am Stellglied 3 festgelegten und eine der stirnseitigen Gehäusewände durchsetzenden Kolbenstange gebildet ist. Die Stellvorrichtung 1 kann somit als fluidbetätigter Arbeitszylinder bezeichnet werden.

[0024] Die Stellvorrichtung 1 könnte auch kolbenstangenlos ausgeführt sein und beispielsweise über ein seitlich neben dem Gehäuse 2 angeordnetes Ab-

triebsteil verfügen, das über einen abgedichteten Längsschlitz des Gehäuses 2 hindurch oder magnetisch berührungslos mit einem Stellkolben axial bewegungsgekoppelt ist.

[0025] Das Stellglied 3 bildet eine bewegliche Wand von gleichzeitig sowohl dem ersten Arbeitsraum  $A_1$  als auch dem zweiten Arbeitsraum  $A_2$ . Das momentane Volumen der Arbeitsräume  $A_1$ ,  $A_2$  hängt von der momentanen Axialposition des Stellglieds 3 ab. Jeder Arbeitsraum hat sein Maximalvolumen, wenn das Stellglied 3 an der von dem betreffenden Arbeitsraum abgewandten stirnseitigen Wand des Gehäuses 2 anliegt.

[0026] Die Stellvorrichtung des Ausführungsbeispiels ist ein Linearantrieb. Die Erfindung läßt sich jedoch beispielsweise auch bei Schwenk- oder Drehantrieben einsetzen, bei denen das Stellglied als eine Schwenkbewegung ausführendes Bauteil ausgebildet ist. Ferner wäre ein Einsatz bei Vorrichtungen möglich, deren Stellglied als aufgehängte verformbare Stellmembran ausgeführt ist.

[0027] Die Betätigung der Stellvorrichtung 1 erfolgt mittels einer Betätigungsvorrichtung 7. Wesentlicher Bestandteil dieser Betätigungsvorrichtung 7 ist eine Fluidspeichereinrichtung 8, die beim Ausführungsbeispiel über zwei separat voneinander ausgebildete Speichervolumina 12, 13 10 verfügt. Beide Speichervolumina 12, 13 können aber in einem gemeinsamen Fluidspeichergehäuse untergebracht sein.

[0028] Das erste Speichervolumen 12 ist über eine Leitung 14 an eine Druckquelle P angeschlossen. Das zweite Speichervolumen 13 ist über eine Leitung 14' an eine Drucksenke R angeschlossen. Die Drucksenke R kann von der Umgebung bzw. der Atmosphäre gebildet sein und Atmosphärendruck aufweisen. Die Druckquelle P liefert unter einem Betätigungsdruck stehendes Betätigungsfluid, wobei es sich bei dem Betätigungsdruck um einen Überdruck handelt, beispielsweise in der Größenordnung von 6 bis 10 bar. In die Verbindung zwischen ein jeweiliges Speichervolumen 12, 13 und die zugeordnete Druckquelle P bzw. Drucksenke R ist eine erste Ventileinrichtung  $V_1$ ,  $V_2$  zwischengeschaltet. Beide erste Ventileinrichtungen  $V_1$ ,  $V_2$  sind zweckmäßigerweise als Schaltventile in 2/2-Wegebauweise ausgeführt und werden beispielsweise elektromagnetisch betätigt, wobei entsprechende Elektromagneteneinrichtungen bei 15 angedeutet sind. In ihrer Grundstellung, die beim Ausführungsbeispiel durch eine Federkraft 16 vorgegeben ist, nehmen die Ventileinrichtungen  $V_1$ ,  $V_2$  eine Schließstellung ein, in der sie die Verbindung zwischen dem Speichervolumen 12, 13 und der zugeordneten Druckquelle P bzw. Drucksenke R absperren. Durch Betätigung der Elektromagneteneinrichtung 15 sind sie in eine Offenstellung umschaltbar, in der die Fluidverbindung zwischen der Druckquelle P bzw. der Drucksenke R und dem zugeordneten Speichervolumen 12, 13 freigegeben ist.

[0029] Anstelle der Elektromagneteneinrichtung 15 könnten auch andersartige Betätigungseinrichtungen

vorgesehen sein, z.B. solche piezoelektrischer Art. Auch könnten die Ventileinrichtungen insgesamt beispielsweise als Piezoventile ausgeführt sein.

[0030] Die beiden Speichervolumina 12, 13 sind darüber hinaus unter Zwischenschaltung einer weiteren Ventileinheit  $V_3$  an jeweils einen der beiden Arbeitsräume  $A_1$ ,  $A_2$  angeschlossen. Je nach Schaltstellung der weiteren Ventileinheit  $V_3$  ist auch hier die entsprechende Verbindung entweder freigegeben oder abgesperrt. In der in Fig. 1 gezeigten Grundstellung ist die Verbindung beider Speichervolumina 12, 13 zu den Arbeitsräumen  $A_1$ ,  $A_2$  unterbrochen, die Ventileinheit  $V_3$  nimmt dann die Schließstellung ein, die beispielsweise durch zwei Federkräfte 17 stabilisiert sein kann.

[0031] Die Ventileinheit  $V_3$  ist zweckmäßigerweise als Drei-Stellungs-Ventil ausgeführt und beim Ausführungsbeispiel von einem 4/3-Wegeventil gebildet. Ausgehend von der abgebildeten Schließstellung läßt es sich wahlweise in eine von zwei möglichen Offenstellungen umschalten, wobei in der ersten Offenstellung das erste Speichervolumen 12 mit dem ersten Arbeitsraum  $A_1$  und das zweite Speichervolumen 13 mit dem zweiten Arbeitsraum  $A_2$  verbunden ist, während in der zweiten Offenstellung das erste Speichervolumen 12 mit dem zweiten Arbeitsraum  $A_2$  und gleichzeitig das zweite Speichervolumen 13 mit dem ersten Arbeitsraum  $A_1$  verbunden ist. Die in den beiden Offenstellungen jeweils wirksamen Ventileinrichtungen der Ventileinheit  $V_3$  sind in Fig. 1 schematisch durch  $V_{3,1}$  und  $V_{3,2}$  angedeutet. Zur Betätigung ist jeder Ventileinrichtung  $V_{3,1}$  bzw.  $V_{3,2}$  zweckmäßigerweise wiederum eine Elektromagneteneinrichtung 15 zugeordnet.

[0032] Anstelle der Ventileinheit  $V_3$ , in der zwei zweite Ventileinrichtungen  $V_{3,1}$  und  $V_{3,2}$  zusammengefaßt sind, könnten auch wenigstens zwei separate Ventileinrichtungen vorgesehen sein, die vergleichbar den ersten Ventileinrichtungen  $V_1$ ,  $V_2$  aufgebaut sind und jeweils nur die Verbindung zwischen einem Speichervolumen und einem zugeordneten Arbeitsraum steuern. Um dann aber in beiden Bewegungsrichtungen des Stellglieds 3 eine Positionierung vornehmen zu können, sollten die zweiten Ventileinrichtungen paarweise vorhanden sein, so daß es möglich ist, je nach gewünschter Verlagerungsrichtung die Speichervolumina mit entweder dem einen oder dem anderen Arbeitsraum fluidisch zu verbinden. Die beim Ausführungsbeispiel vorhandene Zusammenfassung in einer als Umschaltventil arbeitenden Ventileinheit  $V_3$  hat den Vorteil eines kompakteren Aufbaus und einer geringeren Anzahl von Ventilen.

[0033] Es ist ferner eine elektronische Steuereinrichtung 18 vorgesehen, die über strichpunktierter angedeutete elektrische oder optische Steuerleitungen 22 mit den verschiedenen Ventileinrichtungen bzw. deren Betätigungseinrichtungen wie Elektromagneteneinrichtungen 15 verbunden ist und die mit einem Wegaufnehmer 23 zusammenarbeitet, der auf geeignete Weise mit dem Stellglied 3 gekoppelt ist. Der

Wegaufnehmer könnte berührungslos arbeiten oder beispielsweise unter Verwendung einer Potentiometereinrichtung, die durch Widerstandsänderung Rückschlüsse auf die aktuelle Ist-Position des Stellglieds 3 ermöglicht.

[0034] Über die Steuereinrichtung 18 kann nun eine gewünschte Soll-Position des Stellglieds 3 vorgegeben werden, in die sich das Stellglied 3 ausgehend von der Ist-Position verlagert, wobei die Positionierung über die entsprechend angesteuerte Betätigungsvorrichtung 7 erfolgt. Das dabei zugrundeliegende Arbeitsprinzip sieht vor, daß man die beiden Speichervolumina 12, 13 abwechselnd entweder mit einem der Arbeitsräume  $A_1$ ,  $A_2$  oder mit der zugeordneten Druckquelle P bzw. Drucksenke R verbindet und dadurch dem einen Arbeitsraum dosierte Mengen von Betätigungsfluid zuführt und gleichzeitig aus dem anderen Arbeitsraum dosierte Mengen von Betätigungsfluid abführt, bis sich zwischen den beiden Arbeitsräumen  $A_1$ ,  $A_2$  eine Druckdifferenz  $dP$  einstellt, die ausreichend hohe Differenzkräfte hervorruft, um das Stellglied 3 ein Stück weit zu verlagern. Da man sich bei dieser taktweisen Dosierung ganz allmählich an diejenige Druckdifferenz herantastet, die ausreicht, um das Stellglied zu verlagern, wird die Entstehung einer zu großen Druckdifferenz vermieden, und man ist in der Lage, minimalste Bewegung des Stellglieds zu erzeugen, um eine zielgenaue Positionierung auch bei kleinen Wegstrecken des Stellglieds 3 zu erhalten. Das Grundproblem bei Positionierungen über kurze Wegstrecken besteht speziell bei Stellkolben darin, daß zunächst die höhere Haftreibung überwunden werden muß, um den Stellkolben in Bewegung zu setzen, und daß dann bei konventioneller Ansteuerung in aller Regel eine zu hohe Druckdifferenz anliegt, die dazu führt, daß der Stellkolben über das gewünschte Ziel hinausbewegt wird. Mit der erfindungsgemäßen Ansteuerung kann dieser Problematik wirksam entgegengewirkt werden.

[0035] Nachfolgend sei unter Bezugnahme auf die Fig. 3 der Betriebsablauf der Betätigungsvorrichtung 7 geschildert, der sich abspielt, wenn das Stellglied 3 ausgehend von der gezeigten Ist-Position 24 in einer durch Pfeil angedeuteten axialen Stellrichtung 25 in eine strichpunktirt angedeutete Soll-Position 26 verlagert wird. Den Betrachtungen liegt dabei ein Zustand bei zunächst noch stillstehendem Stellglied 3 zugrunde.

[0036] In dem Diagramm der Fig. 3 sind jeweils in Abhängigkeit von der Zeit t die Schaltzustände der ersten Ventileinrichtungen  $V_1$ ,  $V_2$ , die in den Speichervolumina 12, 13 herrschenden Speicherdrücke  $P_1$ ,  $P_2$ , der Schaltzustand der Ventileinrichtung  $V_{3,1}$  (Bestandteil der Ventileinheit  $V_3$ ) und der Differenzdruck  $dP$  in den Arbeitsräumen  $A_1$ ,  $A_2$  aufgetragen.

[0037] Zunächst sei angenommen, daß in den beiden Arbeitsräumen  $A_1$ ,  $A_2$  Anfangsdrücke herrschen, die am Stellglied 3 ein Kräftegleichgewicht bewirken, so daß der Stellglied 3 in der Ist-Position 24 verharrt. Die Ventileinrichtungen  $V_1$ ,  $V_2$  und die Ventileinheit  $V_3$

befinden sich dabei in der Schließstellung.

[0038] Nun wird die Ventileinrichtung  $V_1$  geöffnet, was in Fig. 3 durch einen ersten Rechteckimpuls 27 angedeutet ist. Das zu den Arbeitsräumen  $A_1$ ,  $A_2$  weiterhin abgesperrte erste Speichervolumen 12 wird dabei mit Betätigungsfluid aus der Druckquelle P gefüllt, wobei der Speicherdruck  $P_1$  ansteigt (Anstiegsflanke 28 in Fig. 3), bis er dem anliegenden Betätigungsdruck entspricht. Anschließend wird die Ventileinrichtung  $V_1$  wieder in die Schließstellung umgeschaltet, so daß die im ersten Speichervolumen 12 befindliche Fluidmenge eingeschlossen ist. Nun wird die Ventileinheit  $V_3$  betätigt, so daß sie in die erste Offenstellung umschaltet, in der die Ventileinrichtung  $V_{3,1}$  wirksam ist. Das erste Speichervolumen 12 wird hierdurch fluidisch mit dem ersten Arbeitsraum  $A_1$  verbunden, so daß Betätigungsfluid aus dem ersten Speichervolumen 12 in den ersten Arbeitsraum  $A_1$  überströmt, wobei der Arbeitsdruck  $P_{A1}$  ansteigt und der Speicherdruck  $P_1$  gemäß Absenkungsflanke 32 aus Fig. 3 absinkt, bis Druckausgleich vorliegt. Nun wird die Ventileinheit  $V_3$  bzw. die zugeordnete Ventileinrichtung  $V_{3,1}$  wieder in die Schließstellung zurückgeschaltet. Im ersten Arbeitsraum  $A_1$  herrscht nun ein Arbeitsdruck  $P_{A1}$ , der dem Druckniveau des Speicherdruckes  $P_1$  im ersten Speichervolumen 12 entspricht, das in Fig. 3 bei 33 angedeutet ist.

[0039] Die Betätigung der beiden Ventileinrichtungen  $V_1$ ,  $V_2$  erfolgt zweckmäßigerweise stets gleichzeitig, so daß sich bei in Offenstellung befindlicher Ventileinrichtung  $V_1$  auch die andere erste Ventileinrichtung  $V_2$  in Offenstellung befindet. Dabei wird das zweite Speichervolumen 13 an die Drucksenke R entlastet bzw. entlüftet, so daß in dem zweiten Speichervolumen 13 Umgebungsdruck herrscht. Das erste Öffnungsintervall der Ventileinrichtung  $V_2$  ist in Fig. 3 durch einen Rechteckimpuls 27' angedeutet.

[0040] Bei in die Offenstellung umgeschalteter Ventileinheit  $V_3$  wird gleichzeitig zur Verbindung zwischen dem ersten Speichervolumen 12 und dem ersten Arbeitsraum  $A_1$  eine Fluidverbindung zwischen dem zweiten Speichervolumen 13 und dem zweiten Arbeitsraum  $A_2$  hergestellt. Die Verbindung des zweiten Speichervolumens 13 zur Drucksenke R ist dabei abgesperrt. Dies hat zur Folge, daß zwischen dem zweiten Arbeitsraum  $A_2$  und dem zweiten Speichervolumen 13 ebenfalls ein Druckausgleich stattfindet, wobei Betätigungsfluid aus dem einen höheren Arbeitsdruck  $P_{A2}$  aufweisenden zweiten Arbeitsraum  $A_2$  in das zweite Speichervolumen 13 überströmt. Der Speicherdruck  $P_2$  steigt dabei entsprechend der Anstiegsflanke 34 gemäß Fig. 3 auf ein Druckniveau 33' an, das mit dem im zweiten Arbeitsraum  $A_2$  verbleibenden Arbeitsdruck  $P_{A2}$  identisch ist.

[0041] Das Öffnungsintervall der Ventileinheit  $V_3$  bzw. der zugehörigen Ventileinrichtung  $V_{3,1}$  ist in Fig. 3 bei 35 angedeutet.

[0042] Während also im Laufe des geschilderten Betätigungszyklus' der Druck im ersten Arbeitsraum  $A_1$  geringfügig erhöht wird, wird der Druck im zweiten

Arbeitsraum  $A_2$  gleichzeitig geringfügig abgesenkt. Daraus resultiert ein erster Anstieg des Differenzdruckes  $dP$  zwischen den beiden Arbeitsdrücken  $P_{A1}$  und  $P_{A2}$ , was in Fig. 3 durch eine Anstiegsflanke 36 verdeutlicht wird.

[0043] Bei geschlossener Ventileinheit  $V_3$  werden anschließend erneut die beiden Ventileinrichtungen  $V_1$ ,  $V_2$  in die Offenstellung umgeschaltet, so daß die beiden Speichervolumen 12, 13 neuerlich gefüllt bzw. entlüftet werden. Nach dem anschließenden Schließen der beiden Ventileinrichtungen  $V_1$ ,  $V_2$  wird die Ventileinheit  $V_3$  aus der zuvor noch eingenommenen Schließstellung erneut in die erste Offenstellung umgeschaltet, so daß sich die vorstehend beschriebene Verfahrensweise wiederholt. Bei diesem zweiten Betätigungszyklus ergibt sich im Stellglied 3 ein weiterer Anstieg des ersten Arbeitsdruckes  $P_{A1}$  bei gleichzeitiger weiterer Absenkung des zweiten Arbeitsdruckes  $P_{A2}$ , wobei die sich einstellenden Druckniveaus mit den in den Speichervolumina 12, 13 herrschenden übereinstimmen und in Fig. 3 bei 37, 37' angedeutet sind. Als Resultat verbleibt dementsprechend ein zweiter Anstieg des Differenzdruckes  $dP$ , was in Fig. 3 durch die Anstiegsflanke 38 verdeutlicht ist.

[0044] Die geschilderten Betätigungszyklen werden dann so oft wiederholt, bis sich zwischen den beiden Arbeitsräumen  $A_1$ ,  $A_2$  die gewünschte Druckdifferenz  $dP$  eingestellt hat, die für eine geringfügige Verlagerung des Stellglieds 3 in Stellrichtung 25 sorgt.

[0045] Soll das Stellglied 3 in entgegengesetzter Stellrichtung 25' verlagert werden, finden die gleichen Betriebsabläufe wie vorstehend geschildert statt, jedoch mit dem Unterschied, daß die Ventileinheit  $V_3$  nicht in die erste Offenstellung, sondern in die zweite Offenstellung umgeschaltet wird, so daß in dieser zweiten Offenstellung die Ventileinrichtung  $V_{3,2}$  aktiv ist. Dies führt dann dazu, daß in den einzelnen Betätigungszyklen im ersten Arbeitsraum  $A_1$  ein Druckabbau und im zweiten Arbeitsraum  $A_2$  ein Druckaufbau stattfindet.

[0046] Um die geschilderte Betriebsweise zu gewährleisten, sollte ein jeweiliges Speichervolumen volumenmäßig geringer sein als das Maximalvolumen des zeitweise mit ihm kommunizierenden Arbeitsraumes. Zweckmäßigerweise wird das Speichervolumen erheblich kleiner gewählt, wobei man sich größenmäßig an der auszuführenden Positionieraufgabe orientiert. Die Speichervolumina werden zweckmäßigerweise um so kleiner gewählt, je feiner das Stellglied 3 positioniert werden soll. Die Größe der Speichervolumina beeinflusst die Druckerhöhungsschritte und die Druckabsenkungsschritte in den Arbeitsräumen pro Betätigungszyklus.

[0047] Prinzipiell wäre es auch möglich, nur einem Arbeitsraum ein Speichervolumen zuzuordnen und durch getaktete dosierte Druckerhöhung oder Druckerniedrigung eine Verlagerung des Stellglieds herbeizuführen. Im übrigen könnten die Speichervolumina auch von Druckmittelkanälen bzw. Druckmittelleitungen geeigneten Querschnittes und geeigneter

Länge gebildet sein.

[0048] Das in Fig. 2 gezeigte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von demjenigen der Fig. 1 lediglich durch eine Umkehrung der Anordnung der Ventileinheit  $V_3$  und der beiden Ventileinrichtungen  $V_1$  und  $V_2$ . Im übrigen sind übereinstimmende Bauteile in Fig. 2 mit identischen Bezugszeichen versehen.

[0049] So ist jedes Speichervolumen 12, 13 fest an einen der beiden Arbeitsräume  $A_1$ ,  $A_2$  angeschlossen, und in die jeweilige Verbindung ist eine der Ventileinrichtungen  $V_1$ ,  $V_2$  zwischengeschaltet. Die Ventileinheit  $V_3$  befindet sich nun in der Verbindung zwischen den Speichervolumina 12, 13 und der Druckquelle  $P$  bzw. der Drucksenke  $R$ . In den beiden Offenstellungen der Ventileinheit  $V_3$  wird jeweils das eine Speichervolumen mit der Druckquelle  $P$  und gleichzeitig das andere Speichervolumen mit der Drucksenke  $R$  verbunden. Die Verbindung zwischen den Speichervolumina 12, 13 und den zugeordneten Arbeitsräumen  $A_1$ ,  $A_2$  wird über die separaten Ventileinrichtungen  $V_1$ ,  $V_2$  getrennt gesteuert. Es versteht sich allerdings, daß in dieser Ausführungsform wie auch im Falle der Ausführungsform gemäß Fig. 1 die beiden Ventileinrichtungen  $V_1$ ,  $V_2$  auch gemeinsamer Bestandteil einer Ventileinheit sein können. Auch wäre es möglich, anstelle der beiden Speichervolumina 12, 13 gemeinsam zugeordneten Ventileinheit  $V_3$  zwei Paare von 2/2-Wegeventilen zuzuordnen, die unabhängig voneinander betätigbar sind und jeweils entweder eine Verbindung zur Druckquelle  $P$  oder zur Drucksenke  $R$  ermöglichen. Die Vereinigung mehrerer Ventilfunktionen in einer umfassenderen Ventileinheit ermöglicht allerdings kompaktere Bauformen.

[0050] Zweckmäßigerweise ermöglicht die Betätigungsvorrichtung auch noch weitere Betriebsweisen als die geschilderte. Die Anordnung wird vorzugsweise so getroffen, daß das geschilderte Betätigungsverfahren stets dann zur Anwendung gelangt, wenn es darum geht, geringe Druckdifferenzen einzustellen, um feine Positionieraufgaben zu bewältigen. Darüber hinaus ist es aber ohne weiteres möglich, zur Herbeiführung größerer Verlagerungswege des Stellglieds zumindest zeitweilig eine gleichzeitige Verbindung zwischen den Speichervolumina 12, 13 sowie dem zugeordneten Arbeitsraum und der zugeordneten Druckquelle bzw. Drucksenke vorzunehmen. Hierzu bedarf es lediglich einer Ansteuerung der Ventileinrichtungen  $V_1$ ,  $V_2$  und der Ventileinheit  $V_3$  derart, daß eine durchgängige Verbindung von der Druckquelle  $P$  bzw. der Drucksenke  $R$  zum zugeordneten Arbeitsraum  $A_1$ ,  $A_2$  vorliegt. Auf diese Weise lassen sich rasch große Druckdifferenzen einstellen, um große Hübe des Stellglieds 3 zu verwirklichen. Die "Dosierschaltung" ist dabei praktisch wirkungslos gemacht. Die Druckdifferenz  $dP$  wird dadurch eingestellt, daß man die Ventileinheit  $V_3$  in eine der beiden Offenstellungen bringt und anschließend die Ventileinrichtungen  $V_1$ ,  $V_2$  in gewünschter Weise schaltet.

[0051] Um eine eher mittelgroße Druckdifferenz  $dP$

einzustellen, ist darüber hinaus eine Ansteuerung nach dem Prinzip der Pulsweitenmodulation möglich. Hierbei wird wiederum die Ventileinheit  $V_3$  entsprechend der gewünschten Stellrichtung 25, 25' in die erste oder zweite Offenstellung verbracht und belasten und anschließend der Aufbau der erforderlichen Druckdifferenz durch pulsweitenmodulierte Ansteuerung der Ventileinrichtungen  $V_1, V_2$  hervorgerufen. [0052] Mit dem erfindungsgemäßen Betätigungsverfahren sind im Vergleich dazu noch erheblich geringere Druckdifferenzen einstellbar, was nicht nur die Feinpositionierung großer Stellvorrichtungen, sondern auch eine exakte Positionierung kleinbauender Stellvorrichtungen ermöglicht, bei denen die zu steuernden Fluidströme entsprechend klein sind.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Betätigung einer fluidisch betriebenen Stellvorrichtung (1), die ein Stellglied (3) aufweist, das eine bewegliche Wand wenigstens eines Arbeitsraumes ( $A_1, A_2$ ) bildet, wobei zur Herbeiführung einer Bewegung des Stellglieds (3) Betätigungsfluid aus einer Fluidspeichereinrichtung (8) in den Arbeitsraum ( $A_1, A_2$ ) eingespeist oder Betätigungsfluid aus dem Arbeitsraum ( $A_1, A_2$ ) abgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß man ein im Vergleich zum Maximalvolumen des Arbeitsraumes ( $A_1, A_2$ ) geringeres Speichervolumen (12, 13) der Fluidspeichereinrichtung (8) abwechselnd entweder mit dem Arbeitsraum ( $A_1, A_2$ ) oder mit einer Druckquelle (P) oder Drucksenke (R) verbindet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man bei einem zwei Arbeitsräume ( $A_1, A_2$ ) voneinander abteilenden Stellglied (3) zwei Speichervolumina (12, 13) vorsieht, wobei man zur Verlagerung des Stellglieds in einer Stellrichtung (25; 25') das eine Speichervolumen (12) abwechselnd mit dem einen Arbeitsraum ( $A_1$ ) oder mit einer Druckquelle (P) und das andere Speichervolumen (13) abwechselnd mit dem anderen Arbeitsraum ( $A_2$ ) oder der Drucksenke (R) verbindet.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß man die beiden Speichervolumina (12, 13) zeitlich abgestimmt mit dem jeweils zugeordneten Arbeitsraum ( $A_1, A_2$ ) sowie der Druckquelle (P) bzw. der Drucksenke (R) verbindet, so daß eine gleichzeitige Verbindung entweder zu den Arbeitsräumen ( $A_1, A_2$ ) oder zur Druckquelle (P) bzw. zur Drucksenke (R) vorliegt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß man zur Herbeiführung größerer Verlagerungswege des Stellglieds (3) zumindest zeitweilig eine gleichzeitige Verbindung zwischen dem Speichervolumen (12, 13) und dem zugeordneten Arbeitsraum ( $A_1, A_2$ ) sowie der zugeordneten Druckquelle (P) oder Drucksenke (R) vor-

sieht.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß man eine pulsierende gleichzeitige Verbindung vorsieht.

6. Betätigungsverfahren für eine fluidisch betriebene Stellvorrichtung (1), die ein Stellglied (3) aufweist, das eine bewegliche Wand wenigstens eines Arbeitsraumes ( $A_1, A_2$ ) bildet, wobei zur Herbeiführung einer Bewegung des Stellglieds (3) Betätigungsfluid aus einer Fluidspeichereinrichtung (8) in den Arbeitsraum ( $A_1, A_2$ ) einspeisbar oder Betätigungsfluid aus dem Arbeitsraum ( $A_1, A_2$ ) abführbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Fluidspeichereinrichtung (8) ein im Vergleich zum Maximalvolumen des Arbeitsraumes ( $A_1, A_2$ ) geringeres Speichervolumen (12, 13) aufweist, und daß zwischen das Speichervolumen (12, 13) und den Arbeitsraum ( $A_1, A_2$ ) einerseits sowie zwischen das Speichervolumen (12, 13) und eine Druckquelle (P) oder eine Drucksenke (R) andererseits eine die wahlweise Freigabe oder Absperrung der betreffenden Verbindung ermöglichende Ventileinrichtung ( $V_1, V_2, V_{3,1}, V_{3,2}$ ) zwischengeschaltet ist, wobei das Speichervolumen (12, 13) abwechselnd entweder mit dem Arbeitsraum ( $A_1, A_2$ ) oder mit der Druckquelle (P) oder der Drucksenke (R) verbindbar ist.

7. Betätigungsverfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß für eine Stellvorrichtung (1), bei der das Stellglied (3) zwei Arbeitsräume ( $A_1, A_2$ ) voneinander abteilt, zwei Speichervolumina (12, 13) vorgesehen sind, die jeweils einerseits mit einem der Arbeitsräume ( $A_1, A_2$ ) und andererseits mit der Druckquelle (P) oder der Drucksenke (R) verbindbar sind.

8. Betätigungsverfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Ventileinrichtungen zur Verlagerung des Stellglieds (3) in einer Stellrichtung (25, 25') derart betätigbar sind, daß das eine Speichervolumen (12) abwechselnd mit dem einen Arbeitsraum ( $A_1$ ) oder der Druckquelle (P) und das andere Speichervolumen (13) abwechselnd mit dem anderen Arbeitsraum ( $A_2$ ) oder der Drucksenke (R) in Verbindung steht.

9. Betätigungsverfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die zwischen die Speichervolumina (12, 13) und die Druckquelle (P) oder Drucksenke (R) zwischengeschalteten ersten Ventileinrichtungen ( $V_1, V_2$ ) und/oder die zwischen die Speichervolumina (12, 13) und die Arbeitsräume ( $A_1, A_2$ ) zwischengeschalteten zweiten Ventileinrichtungen ( $V_{3,1}, V_{3,2}$ ) Bestandteil einer Ventileinheit ( $V_3$ ) sind.

10. Betätigungsverfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ventileinheit ( $V_3$ ) so

ausgebildet ist, daß in Abhängigkeit von der gewählten Schaltstellung stets ein gleichzeitiges Freigeben oder Absperren der zugeordneten Verbindung erfolgt, wobei die Ventileinheit insbesondere als 4/3-Wegeventileinheit ausgebildet ist.

11. Betätigungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Ventileinrichtungen ( $V_1$ ,  $V_2$ ) von 2/2-Wegeventilen gebildet sind.

12. Betätigungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, gekennzeichnet durch eine elektronische Steuereinrichtung (18) zur Ansteuerung der Ventileinrichtungen in Abhängigkeit von der Ist-Position und einer gewünschten Soll-Position des Stellkolbens.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



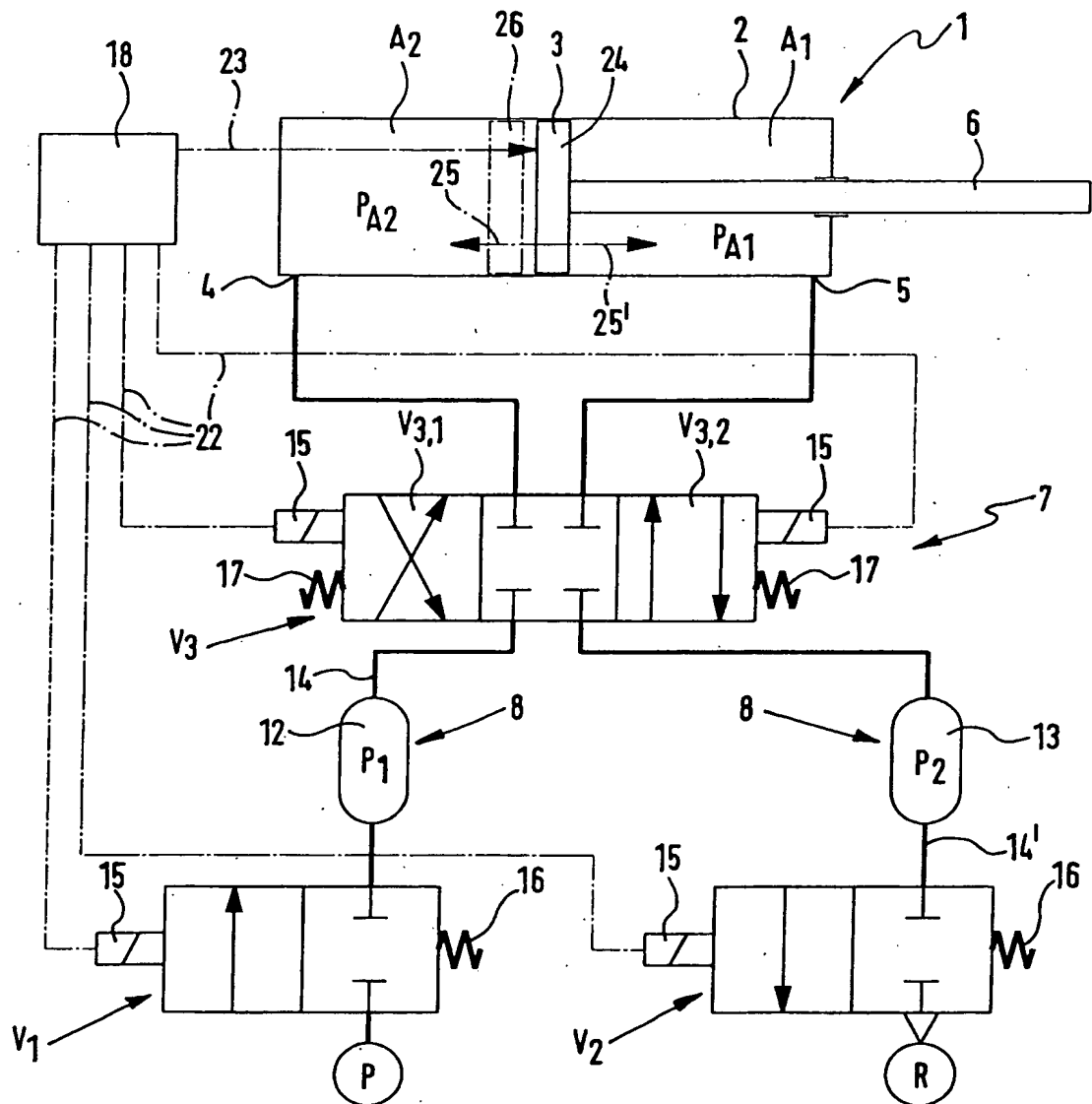


Fig. 1

